Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 1, Apr. May. 2019, p.199- 210

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره1، فروردین-اردیبهشت 1398 ص.210-199

برخی خواص فیزیکی و مکانیکی گلابی رقم درگزی

مهسا سادات رضوی[1]- عبدالله گل محمدی[2]*

تاریخ دریافت: 1394/10/12
تاریخ پذیرش: 1395/03/01

چکیده

در تحقیق حاضر برخی خواص فیزیکی و مکانیکی گلابی رقـم درگزی بررسی شد. برای تعیین خواص مکانیکی از دستگاه آزمون جامع کشش فشار استفاده شد. آزمایش‌ها در پنج سطح نیرویی مختلف (40، 50، 60، 70 و 80 نیوتن) و به‌صورت آزمون بارگذاری- بار برداری تحت سرعت ثابت 10 mm/min انجام شد. به ازای هر سطح نیرو سه تکرار درنظرگرفته شد. نتایج بررسی نشان داد که با افزایش نیروی بارگذاری، مقادیر انرژی بارگذاری، انرژی بار برداری، پسماند مکانیکی و اتلاف پسماند مکانیکی افزایش می‌یابد. همچنین، مشاهده شد با افزایش درجه کشسانی و شعاع انحناء نمونه در ناحیه بارگذاری، به‌ترتیب اتلاف پسماند مکانیکی و انرژی کرنشی کاهش می‌یابد. درجه کشسانی را می‌توان به‌عنوان شاخصی برای بیان میزان حساسیت میوه گلابی در نظر گرفت.نتایج مربوط به خواص فیزیکی نمونه‌ها شامل؛ میانگین طول، قطر میانگین، جرم، حجـم،جرم مخصوص واقعی و حجمی، تخلخل و ضریب بسته‌بندی به‌ترتیب برابر با 84/162، 73/729 mm، 188/8742 g، 185/4037 cm³، 1/01899 g/ cm³ و 0/42759 g/ cm³، 57/92009 و 0/42088 به‌دست آمد. همچنین بیش‌ترین و کمترین شعاع انحناء به‌ترتیب در جناح گونه و ساقه میوه با مقادیر 77/701 و 24/633 mm می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: بارگذاری- بار برداری، انرژی کرنشی، اتلاف پسماند مکانیکی، حالت ارتجاعی، درجه کشسانی

مقدمه

گلابی متعلق به خانواده گل سرخیان (*Rosaceae*) و از زیر خانواده سیبیان (*Pomoideae*) یا دانه‌دارها است. منشأ بسیاری از گونه‌های گلابی، اروپایی و عمدتاً گلابی‌های مغرب زمین از گونه ***Pyrus Communis*** می‌باشند (جکسون،1934).گلابی (***Pyrus Communis L.***) پس از سیب مهم‌ترین میوه دانه‌دار در سطح جهان است (عبداللهی، 1389). طبق آمارنامه فائو (2013) کشور چین با تولید حدود 16 میلیون تن مقام اول تولید گلابی در جهان را دارا می‌باشد و پس از آن کشورهای ایتالیا، آمریکا، آرژانتین و اسپانیا مقام‌های دوم تا پنجم را به‌خود اختصاص داده‌اند (بی‌نام، 1394). با اینکه شرایط آب و هوایی و خاک ایران برای کاشت گلابی مساعد است، کشور ایران مقام سیزدهم را در تولید گلابی جهان دارد. گلابی درگزی بیشتر در شمال خراسان کشت می‌شود. مقاوم‌ترین رقم گلابی به آتشک است. دیررس ولی بسیار پربار (25-40 تندرهکتار) و خسارت شته روی آن کم است. به دلیل دارا بودن بافت‌های سنگی بیشتر برای کمپوت‌سازی استفاده می‌شود ولی به دلیل عملکرد بالا، کشت آن قابل توصیه است (بی‌نام، 1394). این واریته دارای درختی هرمی شکل و پر محصول است. قابلیت حمل زیاد و دوام انبارداری بالا (3 الی 5 ماه) را داراست (منیعی، 1373). اطلاعات مربوط به خواص فیزیکی و مکانیکی گلابی در بخش طراحی ماشین‌ها و تجهیزات برداشت و فناوری‌های پس از برداشت مانند حمل و نقل، انبارداری، تمیز کردن، اندازه‌بندی، بسته‌بندی و نیز در فرآیند تبدیل آن به خوراک متفاوت، بسیار حائز اهمیت است. ابعاد هندسی، جرم مخصوص توده‌ای (ظاهری)، جرم مخصوص واقعی، شعاع انحناء، تخلخل و ضریب بسته‌بندی از مهم‌ترین خواصی هـستند کـه در طراحی مکانیزم‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند.

اندازه‌گیری دقیق و سریع خصوصیات هندسی در هنگام فرآوری محصولات کشاورزی، طراحی‌های حمل و نقل، فرآیند نگهداری و همچنین دستیابی به محصولی باکیفیت بالا بسیار حائز اهمیت است.

تاکنون مطالعات گسترده‌ای بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی میوه‌های مختلف گزارش شده است.

Onuegbu و Ihediohanma (2008) برخی خواص فیزیکی و شیمیایی گلابی آفریقایی (*Dacryodes edulis*) را بررسی کردند. Karababa و همکاران (2004) برخی خواص فیزیکی میوه گلابی کاکتوس (*Opuntia spp*) که به‌صورت وحشی در ناحیه مدیترانه شرقی ترکیه رشد می‌کند را مورد بررسی قرار دادند. Ozturk و

1 و 2- به‌ترتیب دانشجوی دکترا و دانشیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
(* - نویسنده مسئول: Email: agolmohammadi42@gmail.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.52584

همکاران (2009) برخی خواص شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی دو رقم گلابی دویسی و سانتاماریا را مورد مطالعه قرار دادند. Mehinagic و همکاران (2004) بیان کردند بارگذاری فشاری محصولات می‌تواند به‌منظور پیش‌بینی خصوصیات شکل گرفته در طول دوره انبارداری (آبدار بودن و خاصیت آردی) نیز به‌کار گرفته شود. همچنین، نشان دادند که پارامترهای اندازه‌گیری شده به‌وسیله تست نفوذ و آزمون فشاری، با خصوصیات حسی بافت، همبستگی بالایی داشته است. Abbott (1999) بیان کرد خصوصیات مکانیکی محصول بیانگر خصوصیات بافت آن می‌باشد.

بررسی منابع منتشر شده نشان می‌دهد که هیچ تحقیقی در مورد اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و مکانیکی گلابی رقم درگزی انجام نشده است؛ لذا هدف از انجام این تحقیق، تعیین برخی خواص فیزیکی گلابی رقم درگزی، شامل خواص هندسی (طول، قطر میانگین، شعاع انحناء)، خواص ثقلی (جرم، حجم، جرم مخصوص حقیقی، جرم مخصوص توده‌ای)، ضریب بسته‌بندی، تخلخل و بررسی خواص مکانیکی شامل ظرفیت انرژی کرنشی، درجه کشسانی و مومسانی، پسماند مکانیکی، اتلاف پسماند مکانیکی و رفتار ارتجاعی (انرژی باربرداری)می‌باشد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های گلابی رقم درگزی سالم و عاری از هرگونه آسیب‌دیدگی در فصل برداشت سال 1393، از باغات استان خراسان رضوی به‌صورت دستی، در مرحله رسیدگی از لحاظ بیولوژیکی (زردرنگ) برداشت شدند و برای اندازه‌گیری‌های بعدی به محیط آزمایشگاه منتقل شدند. ابتدا میوه‌ها به‌منظور حذف هرگونه آلودگی مانند گرد و غبار و ...، کاملاً تمیز شدند. اندازه‌گیری‌ها در محیط آزمایشگاهی با دمای 23 درجه سانتی‌گراد انجام شد.

خواص فیزیکی

جرم میوه‌ها (M) در هوای آزاد و با استفاده از ترازوی دیجیتال مدل DJ-2000A با دقت 0/01g اندازه‌گیری شد. با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت 0/01 cm، ابعاد هندسی، مانند طول (بعد بزرگ‌تر در محور طولی)، قطر بزرگ و کوچک میوه (میانگین آن‌ها در ناحیه گونه) تعیین شد (شکل 1).



شکل 1- ابعاد اندازه‌گیری شده میوه گلابی

حجم نمونه‌ها با استفاده از روش جابه‌جایی آب به‌دست آمد. گلابی‌ها با استفاده از یک میله فلزی با قطر و حجم ناچیز، درون استوانه اندازه‌گیری (بشر) که با حجم مشخص از آب پر شده بود، قرار گرفتند. وزن آب جابه‌جا شده توسط میوه ثبت شد. حجم (V) هر یک از میوه‌ها طبق فرمول(1) بر حسب cm^3 محاسبه شد (Mohsenin, 1986):

$$\rho = V/m \qquad (1)$$

در این رابطه، m به‌عنوان جرم آب جابه‌جا شده بر حسب گرم و ρ، جرم مخصوص آب معادل $1\ g/cm^3$ می‌باشد. ضریب بسته‌بندی به‌عنوان نسبت حجم میوه‌های بسته‌بندی شده داخل جعبه به کل حجم جعبه با استفاده از رابطه ذیل تعیین شد (Topuz *et al*, 2004).

$$\lambda = V/V_O \qquad (2)$$

در این رابطه، λ ضریب بسته‌بندی، V حجم واقعی میوه‌های درون جعبه و Vo حجم جعبه است.

برای تعیین جرم مخصوص توده گلابی، از روش مرسوم نسبت جرم به حجم استفاده شد (Hazbavi., 2013,Pandian *et al.*, 2013, Wasala *et al.*, 2012, Keramat Jahromi *et al.*, 2008). برای این منظور نمونه‌ها با وزن مشخص، از ارتفاعی ثابت (آسیبی به

نمونه‌ها وارد نشود) داخل یک جعبه پلاستیکی با جرم مشخص و حجمی با ابعاد $40×25×20cm^3$ ریخته شدند و تا سطح بالایی آن پر شد. با در دست داشتن جرم نمونه‌های درون جعبه و حجم جعبه، جرم مخصوص توده از نسبت جرم میوه‌های درون جعبه به حجم جعبه به دست آمد (Mohsenin, 1986):

$$\rho_b = M/V_O \qquad (3)$$

که در این فرمول‌ها، M جرم میوه‌های داخل جعبه می‌باشد.

جرم مخصوص حقیقی گلابی از رابطه(4) تعیین شد (Mohsenin, 1986):

$$\rho_t = M/V \qquad (4)$$

تخلخل توده میوه‌ها با استفاده از مقادیر جرم مخصوص حقیقی و توده از رابطه (5) محاسبه شد (Mohsenin, 1970):

$$\varepsilon = 100\ (1-\frac{\rho_b}{\rho_t}) \qquad (5)$$

که در این رابطه، ε درصد تخلخل، ρ_b جرم مخصوص توده و ρ_t جرم مخصوص حقیقی میوه‌ها می‌باشند.

اندازه‌گیری شعاع انحناء با استفاده از روش پردازش تصویر

پردازش تصویر رقمی دانش جدیدی است که سابقه آن به پس از اختراع رایانه‌های رقمی بازمی‌گردد (گونزالس و همکاران، 2002). با توجه به اهمیت کیفیت ظاهری در درجه‌بندی محصولات غذایی و کشاورزی و تأثیر عواملی چون مساحت، محیط، قطرهای محصول، یکنواختی آن و عیوب مختلف روی محصول و همچنین توانایی تشخیص این ویژگی‌ها با هزینه‌ها خیلی پایین توسط بینایی ماشین، پردازش تصویر در میان روش‌های غیرمخرب، یکی از بهترین روش‌ها می‌باشد.

تصویرگیری

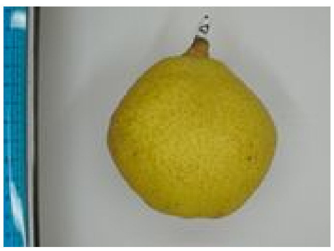
برای تهیه تصاویر از اتاقکی به ابعاد $40×40×40cm^3$ که دیواره‌های آن با پارچه مشکی پوشیده شده بود، استفاده شد تا بازتاب نور در فضا ایجاد نشود و از ایجاد نوسان در تصویرگیری جلوگیری شود. برای ایجاد نور از سه لامپ فلوئورسنت نصب شده به‌صورت مثلثی در بالای اتاقک استفاده شد. تصویرگیری با استفاده از دوربین Canon مدل Powershot G10 (14/7 مگاپیکسل، مجهز به سنسور CCD، فاصله کانونی 28-140 mm) که با پورت USB به رایانه متصل بود، انجام شد. دوربین به فاصله 20 سانتی‌متری از نمونه و موازی با آن روی پایه‌ای ثابت شد. به‌منظور تبدیل پیکسل‌ها به واحد طولی از یک خط‌کش در کنار گلابی استفاده شد. تصویرگیری با نرم‌افزار PSRemote 2.5.1 انجام شد. از نمونه‌های گلابی در اندازه 4416×3312 پیکسل و با فرمت JPG و در فضای رنگی RGB تصاویری تهیه شد.

پردازش تصویر

فرآیندهای پردازش تصویر با استفاده ازنرم‌افزار پردازش تصویر ImageJ v1.47 انجام شد.

1- مقیاس‌دهی به تصویر

قبل از تصویربرداری، از خط‌کشی که موازی و در کنار سطح میوه قرار گرفته بود، استفاده شد که در اینجا واحد طولی برای محاسبه اندازه‌گیری‌های بعدی، میلی‌متر در نظر گرفته شد. سپس تصویری عمود بر سطح مورد نظر گرفته شد (شکل 2). این فرآیند به‌منظور تبدیل اندازه تصویر از مقیاس پیکسل به واحد طولی مشخص انجام شد.



شکل 2- تصویرگرفته شده از گلابی

2- شعاع انحناء

به‌منظور محاسبه شعاع انحناءگلابی، در هر جناح (تاج، گونه، ساقه) همانند عملکرد دستگاه انحناءسنج، حداقل سه نقطه بر روی خط مرزی گلابی در ناحیه مورد نظر انتخاب شد. دایره‌ای را بر نقاط انتخابی، برازش ودر نهایت با اندازه‌گیری شعاع دایره، شعاع انحناء در جناح‌های مورد نظر تعیین شد (شکل3).



شکل 3- تعیین شعاع انحنا: (شکل بالا) با در نظر گرفتن سه نقطه، (شکل پایین) با در نظر گرفتن بیش از سه نقطه

خواص مکانیکی

آزمون بارگذاری- باربرداری

برای بارگذاری نمونه‌ها، از دستگاه آزمون جامع کشش- فشاری[1] مدل STM 5 استفاده شد. فک پایینی این دستگاه ثابت بوده و فک بالایی به‌صورت عمودی حرکت می‌کند. نیروسنج این دستگاه ظرفیت 100 نیوتون (مدل BONGSHINE, DBBP-100، دقت Kg0.1) را داشت. داده‌ها به‌وسیله سامانه تحصیل داده بر روی رایانه نمایش داده شد. آزمایشات بر روی 75 نمونه گلابی، متشکل از 5 گروه برای سطوح نیرویی مختلف، و برای هر سطح نیرویی 15 نمونه گلابی در نظر گرفته شد. میانگین هر 5 نمونه حساب شد و به‌عنوان 1 تکرار در نظر گرفته شد.

انرژی بارگذاری یا ظرفیت انرژی کرنشی

نمونه‌ها در راستای عمود بر محور ساقه- تاج بارگذاری شدند (شکل 4).



شکل 4- آزمون بارگذاری- باربرداری گلابی

آزمون بارگذاری- بار برداری با سرعت بارگذاری 10 mm/min (Blahovec *et al*, 2002) و برای نیروهای مورد نظر 40، 50، 60، 70 و 80 نیوتن انجام شد. سطوح نیرویی با توجه به تحقیق انجام شده توسط بلاهووس و همکاران (2002) بر روی ارقام مختلف میوه گلابی، که شبیه‌سازی مقدار نیروی فشاری وارده به محصول در فرآیندهای حمل و نقل و انبارداری بوده است، انتخاب شد. همچنین، پیش از انجام آزمایش، تعدادی نمونه به‌منظور تعیین حداقل سطح نیرویی لازم برای ایجاد آسیب در بافت نمونه، تحت بارگذاری‌های مختلف قرار گرفتند. شرایط آزمایشگاهی برای همه نمونه‌ها ثابت بودند (دمای 20-23 درجه سلسیوس). مساحت زیر نمودار بارگذاری- باربرداری در سیکل بارگذاری، تقسیم بر حجم نمونه، برابر با انرژی بارگذاری یا ظرفیت انرژی کرنشی در واحد حجم میوه می‌باشد (Blahovec *et al*, 2002 and Stroshine, 1998).

درجه کشسانی[2]

نسبت تغییر شکل کشسان به کل مجموع تغییر شکل کشسان و مومسان، در نمودار نیرو- تغییر شکل حاصل از بارگذاری- باربرداری (شکل 5)، درجه کشسانی گفته می‌شود. درجه کشسانی بدون بعد است و از رابطه ذیل محاسبه می‌شود (Mohsenin, 1986., Blahovec *et al*, 2002., Stroshine, 1998):

$$DE = De/(De + Dp) \qquad (6)$$

که در این رابطه، Dp نشان‌دهنده تغییر شکل مومسان و De تغییر شکل در محدوده کشسانی نمونه می‌باشد.

درجه مومسانی[3]

نسبت تغییر شکل مومسان به مجموع تغییر شکل کشسان و مومسان، در نمودار نیرو- تغییر شکل حاصل از بارگذاری- باربرداری (شکل 5)، درجه مومسانی گفته می‌شود. درجه مومسانی بدون بعد است و از رابطه (7) محاسبه می‌شود(Mohsenin, 1986., Blahovec *et al*, 2002, Stroshine, 1998):

$$DE = Dp/(De + Dp) \qquad (7)$$

انرژی باربرداری[4] یا حالت ارتجاعی[5]

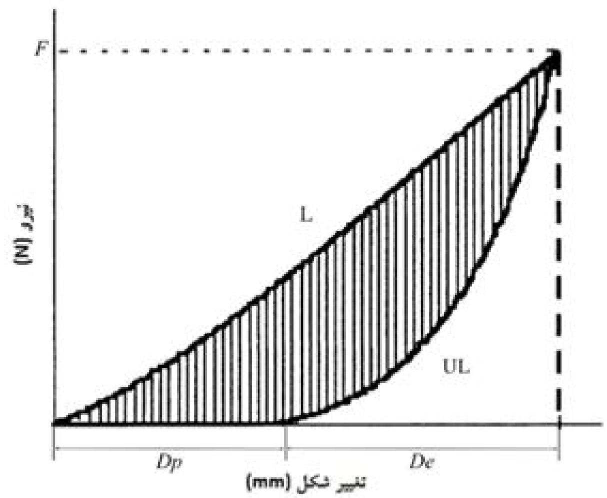
ظرفیت ماده برای ذخیره انرژی کرنشی در محدوده تغییر شکل کشسانی آن، انرژی باربرداری یا حالت ارتجاعی گفته می‌شود. این مقدار در نمودار نیرو- تغییر شکل آزمون بارگذاری- باربرداری برابر است با مساحت زیر نمودار باربرداری تقسیم بر حجم نمونه، و واحد آن ژول بر واحد حجم نمونه (J/m^3) می‌باشد (Mohsenin, 1986., Blahovec *et al*, 2002., Stroshine, 1998). هرچه مقدار انرژی باربرداری بیشتر باشد، به عبارتی هرچه مقدار آن نزدیک به مقدار ظرفیت انرژی کرنشی باشد، بیانگر نزدیک بودن رفتار ماده به فنر می‌باشد (Stroshine, 1998).

پسماند مکانیکی[6] یا انرژی جذب شده[7]

انرژی جذب شده در واحد حجم ماده در سیکل بارگذاری- باربرداری، که برابر است با اختلاف مساحت زیر نمودار بارگذاری و نمودار باربرداری تقسیم بر حجم نمونه (تفاضل ظرفیت انرژی کرنشی

1 UNIVERSAL TEST
2 Degree of elasticity
3 Degree of plasticity
4 Unloading energy
5 Resilience
6 Mechanical hysteresis
7 Absorbed energy

و حالت ارتجاعی)، و واحد آن J/m^3 می‌باشد (Mohsenin, 1986., Blahovec *et al*, 2002, Stroshine, 1998). برای محصولات کشاورزی و مواد غذایی، پسماند مکانیکی انرژی مصرف‌شده برای تغییر شکل دائم ماده را نشان می‌دهد. در میوه‌ها با رطوبت بالا، این تغییر شکل "ثابت"می‌تواند شامل بیرون راندن آب از سلول‌ها به داخل فضای بین سلولی یا شکستن ارتباط میان سلول‌ها یا شکست سلول‌ها باشد (Stroshine, 1998).



شکل 5- نمونه‌ای از نمودار بارگذاری- باربرداری گلابی بین دو صفحه صلب

اتلاف پسماند مکانیکی[8]

نسبت پسماند مکانیکی به ظرفیت انرژی کرنشی در نمودار بارگذاری- باربرداری، اتلاف پسماند مکانیکی گفته می‌شود و بدون بعد است.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

مقایسه میانگین مشخصه‌های مکانیکی شامل: ظرفیت انرژی کرنشی و باربرداری، پسماند مکانیکی، درجه کشسانی و درجه مومسانی در قالب طرح کاملاً تصادفی و تعیین مقادیر میانگین و انحراف معیار مشخصه‌های فیزیکی شامل: ابعاد، جرم، حجم، طول، قطر میوه، جرم مخصوص توده، جرم مخصوص حقیقی، تخلخل، ضریب بسته‌بندی و شعاع انحنا با استفاده از نرم‌افزار(SPSS (v 21 انجام شد.

نتایج و بحث

مشخصه‌های فیزیکی

مقادیر میانگین، حداکثر و حداقل و هم‌چنین انحراف معیار پارامترهای مربوط به مشخصه‌های فیزیکی در جدول 1 ارائه شده است. هم‌چنین شعاع انحنای میوه در ناحیه گونه، جناح تاج و جناح ساقه بـه‌طور میانگین در شکل6 نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود ناحیه گونه بیش‌ترین شعاع انحنا و جناح ساقه کم‌ترین شعاع انحناء را دارند. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول 1 و مقایسه آن با تحقیقات انجام‌شده، مشاهده می‌شود که مقادیر میانگین طول، تخلخل و جرم مخصوص توده گلابی درگزی بیشتر از گلابی آسیایی بوده اما میانگین حجم، جرم و جرم مخصوص حقیقی آن کمتر می‌باشد (حزباوی و همکاران، 1387). همچنین، میانگین حجم، تخلخل و جرم مخصوص حقیقی گلابی درگزی بیشتر از گلابی سانتا ماریا بوده، درحالی‌که میانگین طول، جرم و جرم مخصوص توده آن کمتر می‌باشد. در مورد گلابی دویسی همه خصوصیات فیزیکی به‌جز جرم مخصوص توده، بیشتر از گلابی درگزی بوده است (Ozturk *et al*, 2009).

مشخصه‌های مکانیکی

در این بخش، نتایج اندازه‌گیری مشخصه‌های مکانیکی از جمله: ظرفیت انرژی کرنشی در واحد حجم نمونه، درجه کشسانی و مومسانی،انرژی باربرداری، پسماند مکانیکی و اتلاف پسماندمکانیکی بیان می‌گردند. جدول2 مقادیر میانگین، حداکثر، حداقل و انحراف معیار درجه کشسانی و مومسانی نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

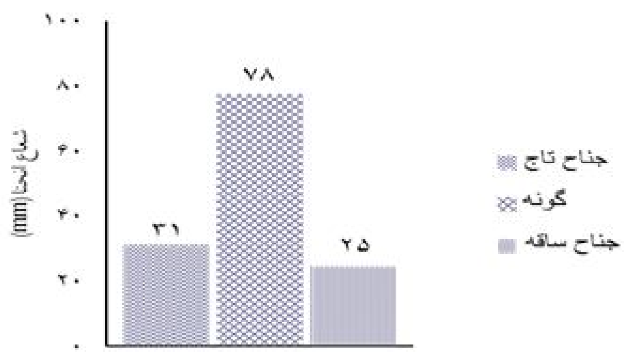
به‌منظور درک بهتر و توصیف ارتباط میان نیرو و پارامترهای مکانیکی گلابی درگزی، از جدول ANOVA، آزمون دانکن و رسم نمودارهای رگرسیون استفاده شد. همان‌طور که در جداول 3 الی 5

8 Hysteresis losses

مشاهده می‌شود، با تغییرات نیرو، ظرفیت انرژی کرنشی، حالت ارتجاعی و پسماند مکانیکی نمونه‌ها در سطح 1 درصد اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهند. اما برای اتلاف پسماند مکانیکی، همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس 6 آورده شده، اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد نیز مشاهده نشد.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی گلابی رقم درگزی

مشخصه‌های فیزیکی		انحراف معیار ±میانگین	حداکثر	حداقل
طول (mm)		84/ 162± 4/159	92/301	72/787
قطر میوه (mm)		73/ 729± 3/692	82/745	66/149
جرم (g)		188/ 8742± 16/2532	210/32	156/96
حجم cm^3		185/ 4037± 16/0680	206/2239	153/2012
جرم مخصوص حجمی g/cm^3		0/ 42759± 0/02166	0/45485	0/39948
جرم مخصوص حقیقی g/cm^3		1/ 01899± 0/00551	1/02773	1/00889
	تاج	31/ 191± 4/013	39/463	18/891
شعاع انحنای میوه (mm)	گونه	77/ 701± 9/803	93/801	61/484
	ساقه	24/ 633± 2/904	28/648	20/454
ضریب بسته بندی		0/ 42088± 0/02097	0/44746	0/39403
تخلخل (٪)		57/92009±2/09687	59769/60	55/25462



شکل 6- شعاع انحنا در نواحی مختلف

با بررسی داده‌های جدول 7 مشاهده می‌شود مقادیر ظرفیت انرژی کرنشی، پسماند مکانیکی و اتلاف پسماند مکانیکی برای سطوح نیرویی 50 و 60 نیوتن در یک گروه قرار گرفته‌اند. به دنبال یافتن دلیل این پدیده، با مقایسه مقدار میانگین درجه کشسانی نمونه‌های گروه 60 نیوتن با گروه‌های دیگر نیرویی (جدول 2)، از آن جایی که نمونه‌ها به‌طور تصادفی بین گروه‌ها تقسیم بندی شده‌اند، مشاهده می‌شود که نمونه‌های قرارگرفته در این گروه تقریباً دارای میانگین درجه کشسانی بیشتری (0/5210) نسبت به گروه‌های دیگر بوده که اثرپذیری از نیروها را کمتر خواهد کرد، از این رو می‌توان انتظار چنین نتیجه‌ای را داشت. تحقیق حاضر نتیجه‌ای مشابه با نتایج تحقیقات انجام‌شده توسط

Blahovec و همکاران (2003) بر روی حساسیت ارقام مختلف میوه گلابی در مقابل بارگذاری‌های مختلف داشته است. به‌گونه‌ای که با افزایش نیروی بارگذاری، متغیرهای خواص مکانیکی گلابی شامل؛ انرژی بارگذاری، انرژی باربرداری، پسماند مکانیکی و اتلاف پسماند مکانیکی افزایش می‌یابد.

جدول 2- درجه کشسانی و مومسانی

مشخصه‌های مکانیکی	نیروی بارگذاری(N)	انحراف معیار± میانگین	حداکثر	حداقل
	40	0/4474±0/0332	0/4733	0/4100
	50	0/5175±0/0139	0/6714	0/5050
درجه مومسانی	60	0/4789±0/0718	0/5593	0/4211
	70	0/5208±0/1187	0/6481	0/4129
	80	0/5954±0/0487	0/6420	0/5448
	کل نمونه‌ها	0/5120±0/0769	0/6481	0/4100
	40	0/5524±0/0332	0/5899	0/5266
	50	0/4827±0/0134	0/4949	0/4683
درجه کشسانی	60	0/5210±0/0718	0/5789	0/4406
	70	0/4790±0/1187	0/5870	0/3518
	80	0/4045±0/0487	0/4551	0/3579
	کل نمونه‌ها	0/4879±0/0769	5899/0	3518/0

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس برای ظرفیت انرژی کرنشی

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P
ظرفیت انرژی کرنشی در واحد حجم ($J.m^{-3}$)	1988705	4	497176	94/12	0/000
خطا	52821	10	5282		
مجموع	2041526	14			

جدول 4- نتایج تجزیه واریانس برای حالت ارتجاعی

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P
پسماند مکانیکی($J.m^{-3}$)	55656	4	41/976	74/86	0/000
خطا	1859	10	1859		
مجموع	57515	14			

جدول 5- نتایج تجزیه واریانس برای میانگین پسماند مکانیکی

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P
پسماند مکانیکی($J.m^{-3}$)	1414662	4	353665	82/48	0/000
خطا	42879	10	4288		
مجموع	1457540	14			

جدول6- نتایج تجزیه واریانس برای میانگین اتلاف پسماند مکانیکی

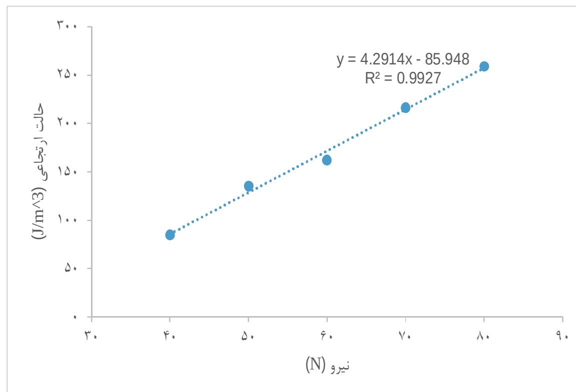
منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P
پسماند مکانیکی($J.m^{-3}$)	702/2	4	175/54	2/43	0/116
خطا	721/1	10	72/11		
مجموع	1423/3	14			

درجه کشسانی مستقل از میزان بارگذاری می‌باشد لذا نمودارهای رگرسیونی خطی برای تعیین ضریب همبستگی میان درجه کشسانی نمونه‌ها با ظرفیت انرژی کرنشی، پسماند مکانیکی و اتلاف پسماند مکانیکی در هر سطح نیرویی رسم شد. نمودارها رابطه خطی منفی را نشان دادند. میانگین مقادیر R^2 به‌دست آمده در سطوح مختلف بارگذاری، برای ظرفیت انرژی کرنشی برابر با 0/573، برای پسماند مکانیکی برابر با 0/853 و برای اتلاف پسماند مکانیکی برابر با 0/766 بود.

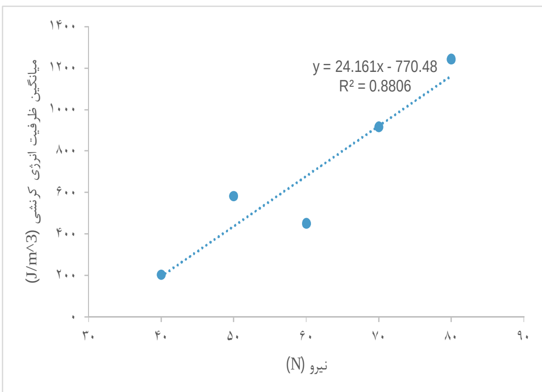
جدول 7- آزمون دانکن برای میانگین ظرفیت انرژی کرنشی، حالت ارتجاعی و پسماند مکانیکی

نیرو (N)	میانگین ظرفیت انرژی کرنشی در واحد حجم($J.m^{-3}$)	میانگین حالت ارتجاعی($J.m^{-3}$)	میانگین پسماند مکانیکی ($J.m^{-3}$)
80	1243/1[a]	0/259[a]	984/2[a]
70	916/8[b]	216/27[b]	700/6[b]
60	581/8[c]	162/3[c]	446/6[c]
50	451/7[c]	135/26[c]	289/4[c]
40	202/54[d]	84/89[d]	112/80[d]

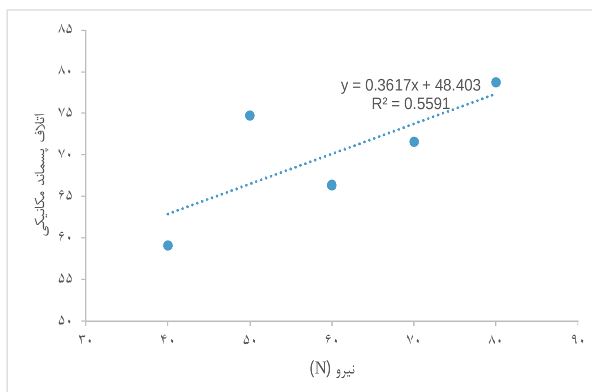
در هر ستون حروف متفاوت: داشتن تفاوت معنی دار در سطح LSD=0/01، حروف یکسان: نداشتن تفاوت معنی دار در سطح LSD= 0/05



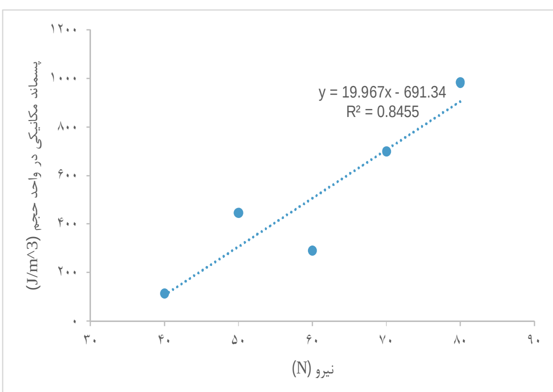
(الف) حالت ارتجاعی نسبت به نیرو



(ب) ظرفیت انرژی کرنشی نسبت به نیرو



(ج)اتلاف پسماند مکانیکی نسبت به نیرو



(د)پسماند مکانیکی نسبت به نیرو

شکل 7- نمودارهای رگرسیون خطی و مقادیر ضرایب همبستگی آن‌ها برای پارامترهای مکانیکی

می‌توان بیان کرد میزان پسماند مکانیکی و اتلاف پسماند مکانیکی گلابی درگزی با درجه کشسانی آن رابطه خطی منفی دارد به‌گونه‌ای که با افزایش درجه کشسانی، مقادیر پسماند مکانیکی و اتلاف پسمان دمکانیکی کاهش می‌یابد. Blahovec و همکاران (2004 و 2005) با استفاده از آزمون‌های فشاری بارگذاری- باربرداری، دریافتند با کاهش درجه کشسانی، مقدار اتلاف پسماند مکانیکی افزایش می‌یابد. همچنین، درجه کشسانی و اتلاف پسماند مکانیکی را شاخصی برای تعیین حساسیت گلابی به بارگذاری‌های مختلف بیان کردند. با مقایسه نتیجه به‌دست آمده از این تحقیق با نتایج حاصل از تحقیق آن‌ها، می‌توان بیان کرد مقدار پسماند مکانیکی و اتلاف پسماند مکانیکی نمونه تابعی از درجه کشسانی آن می‌باشد. اما با توجه به نتایج تجزیه واریانس، نمی‌توان اتلاف پسماند مکانیکی را شاخصی برای بیان حساسیت نمونه‌ها به سطوح بارگذاری در نظر گرفت. همچنین، نمودارهای رگرسیونی خطی برای تعیین ضریب همبستگی میان شعاع انحناء ناحیه بارگذاری نمونه‌ها که مستقل از میزان بارگذاری می‌باشد با ظرفیت انرژی کرنشی، پسماند مکانیکی و اتلاف پسماند مکانیکی رسم شد.

نمودارها رابطه خطی منفی رانشان دادند. میانگین مقادیر R^2 به دست آمده در سطوح مختلف بارگذاری، برای ظرفیت انرژی کرنشی برابر با 0/775، برای پسماند مکانیکی برابر با 0/666 و برای اتلاف پسماند مکانیکی برابر با 0/442 بود. می‌توان نتیجه گرفت ظرفیت انرژی کرنشیگلابی درگزی رابطه خطی منفی با مقدار شعاع انحناء آن در ناحیه بارگذاری دارد و با کاهش شعاع انحناء، ظرفیت انرژی کرنشی افزایش می‌یابد که بیانگر حساسیت بیشتر نمونه به بار اعمالی در شعاع انحنای کوچک‌تر می‌باشد. نتیجه به‌دست آمده مشابه با نتایج حاصل از کار تحقیقاتی انجام شده توسط رستم‌پور و همکاران (2013) و باریکلو و همکاران (2013) برای آزمون ضربه می‌باشد. آن‌ها طی تحقیقاتی بر روی نمونه‌های سیب دریافتند با کاهش شعاع انحنا در ناحیه بارگذاری، حساسیت نمونه نسبت به بارگذاری اعمال شده افزایش می‌یابد.

در شکل 7 نمودارهای رگرسیون خطی و ضرایب همبستگی برای پارامترهای مکانیکی نسبت به نیرو نشان داده شده است. بیشترین و کمترین ضریب همبستگی به‌ترتیب برای پارامتر حالت ارتجاعی، به مقدار 0/992 و پارامتر اتلاف پسماند مکانیکی به مقدار 0/5591 به‌دست آمد. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، انتظار می‌رفت نتیجه‌ای مشابه تحقیقات پیشین Blahovec و همکاران (2004 و 2005) به‌دست آید که دریافتند با افزایش نیرو، مقدار اتلاف پسماند مکانیکی افزایش می‌یابد و می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای بیان میزان حساسیت گلابی به بارگذاری‌هادر نظر گرفته شود.

نتیجه‌گیری

مقادیر میانگین و انحراف معیار به‌دست آمده برای خواص فیزیکی نشان داد گلابی درگزی از یکنواختی نسبتاً خوبی برخوردار است. بدان معنا که ضریب تغییرات خصوصیات فیزیکی کمتر از 10 درصد بوده است. روش به‌کار گرفته‌شده در این تحقیق به‌منظور تعیین شعاع انحناء نمونه‌ها، دارای قدرت تشخیص بالایی حتی تا یک هزارم میلی‌متر بوده است. همچنین دامنه اندازه‌گیری آن محدود نمی‌باشد و محاسبه بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین شعاع انحناءها را ممکن می‌سازد و به دلیل غیرتماسی بودن آن، امکان آسیب‌دیدگی میوه به حداقل می‌رسد. مشاهده شد، با افزایش نیروی بارگذاری، مقدار پارامترهای مکانیکی شامل؛ ظرفیت انرژی کرنشی، پسماند مکانیکی، اتلاف پسماند مکانیکی و حالت ارتجاعی نیز افزایش می‌یابد. حالت ارتجاعی (انرژی باربرداری) همبستگی زیادی ($P<0/01$) با افزایش نیرو داشته است. با افزایش درجه کشسانی گلابی درگزی، پسماند مکانیکی و اتلاف پسماند مکانیکی کاهش می‌یابد. درجه کشسانی و پسماند مکانیکی می‌توانند شاخص مناسبی برای بیان حساسیت گلابی درگزی به نیروهای اعمالی در طول فرآیندهای برداشت، بسته‌بندی، حمل و نقل و انبارداری باشند. همچنین، برای نمونه‌هایی با شعاع انحناء بیشتر در ناحیه بارگذاری، ظرفیت انرژی کرنشی کمتری به‌دست آمد که می‌تواند دلیلی بر کاهش تمرکز تنش در ناحیه بارگذاری به دلیل کم شدن سطح بارگذاری باشد؛ لذا با کاهش شعاع انحنا در ناحیه بارگذاری، حساسیت نمونه نسبت به بارگذاری اعمال شده افزایش می‌یابد.

منابع

جکسون،جان. ای.، سیب و گلابی (بیولوژیوپرورش) 1934. ترجمه: اصلانی ،ا.، عبدالهی، حوشمسکیا، ف.، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، 1392، شابک: 2-18-9586-964-978.

حزباوی، ع.، قاسمی، م.، کاظمی، ش.، قاسمی، ش.، مینایی، سعیدو خوش تقاضا، م، ه.، 1387. مطالعه رفتار گلابی آسیایی تحت بارگذاری، هجدهمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، تهران.

عبدالهی،ح.، گلابی (گیاهشناسی، ارقام و پایه‌ها)، انتشارات نشر آموزش کشاورزی، 1389. شابک: 8-204-520-964-978.

گونزالس، رافائل سیووودز، ریچاردای. پردازش تصویر رقمی، (2002). ترجمه: خادمی، موجعفری، د.، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، 1387.

منیعی، ع.، گلابی و به و پرورش آن‌ها.، چاپ اختر شمال، ناشر مؤلف، توزیع شرکت انتشارات فنی ایران، زمستان 1373.

Abbott, J. A., 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. Postharvest Biology and Technology 15, 207–225.

Anonymous, 1394, [on-line], http://allfruits.ir.Available: 1392/03/18.

Anonymous, 1394, [on-line], http://baghdaranemazandaran.com.

Barikloo, Hand Ahmadi, E., 2013. Evaluation of impact effect and fruit properties on apple dynamic behavior. AJCS, 7(11):1661-1669.

Blahovec, J., Vlckova, M and Paprstein, F., 2002. Static low-level bruising in pears. RES. AGR. ENG., 48 (2): 41–46.

Blahovec, J and Mares, V., 2003. Approximation of bruise spot volume in pears in plots against deformation parameters. RES. AGR. ENG., 49, 2003 (2): 50–55.

Blahovec, J., Vlckova, M and Paprstein, F., 2004. Static and dynamic tests of pear bruise sensivity. RES. AGR. ENG., 50, 2004 (2): 54–60.

Blahovec, Jand Paprstein, F., 2005. Suseptibility of Pear Varieties to Bruising. Postharvest Biology and Technology. 38, 231–238.

FAO Statistical Yearbook,2013. ISBN 978-92-5-107396-4.

Hazbavi, 2013. DETERMINATION OF ENGINEERING PROPERTIES OF POMEGRANATE FRUIT TO CALCULATION THE HEIGHT OF BOX FOR HANDLING, International Journal of Science Invesntions Today., 2(6), 492-501.

Karababa, E., Coskuner, Yand Aksay, S., 2004. Some Physical Fruit Properties of Cactus Pear (Opuntia spp) That Grow Wild in the Eastern Mediterranean Region of Turkey., J. PACD.

Karpoora Sundra Pandian, N., Dhananchenzhiyan, P and Parveen, S., 2013. Physical and Engineering Properties of Tamarind Fruit, International Journal of Scientific Engineering and Technology, 2(11), 1083-1087.

Keramat Jahromi, M., Rafiee, S., Ghasemi Bousejin, M. R., Mirasheh, R and Mohtasei, S. S., 2008. Some physical properties of date fruit (cv. Dairi), International Agrophysics., 22, 221-224.

Mehinagic, E., Royer, G., Symoneaux, R., Bertrand, Dand Jourjon, F., 2004. Prediction of the sensory quality of apples by physical measurements. Postharvest Biology and Technology 34, 257–269.

Mohsenin, N.N., 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials, Edition 2. Gordon and Breach Science Publishers. ISBN 0-677-21370-0, 9780677213705.

Mohsenin, N.N., 1970. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, Inc, New York.

Onuegbu, N. CandIhediohanma, N. C., 2008. Some Proximate Analysis of African Pear (Dacryodes Edulis). J. Appl. Sci. Environ. Manage. March, Vol. 12(1) 83 - 85.

Ozturk, I., Ercisli, S., Kalkan, Fand Demir, B., 2009. Some chemical and physico-mechanical properties of pear cultivars. African Journal of Biotechnology Vol. 8 (4), pp. 687-693, 18.

Rostampour, Vand Modares Motlagh, A., Komarizadeh, M. H., Sadeghi, M., Bernousi, I., Ghanbari, T., 2013. Using Artificial Neural Network (ANN) technique for prediction of apple bruise damage. AJCS 7(10):1442-1448.

Stroshine, R. L., 1998. Physical Properties of Agricultural Materials and Food Products. Perdue University, Indiana. pp: 296.

Topuz, A., Topakci, M., Canakci, M., Akinci, Iand Ozdemir, F., 2004. Physical and Nutritional Properties of Four Orange Varieties, Journal of Food Engineering, 66, 523–519.

Wasala, W. M. C. B., Dharmasena, D. A. N., Dissanayake, T. M. R and Thilakarathne, 2012. Physical and Mechanical Properties of Three Commercially Grown Banana (Musa acuminata Colla) Cultivars in Sri Lanka., Tropical Agricultural Research., 24(1) , 42-53.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 1, Apr. May. 2019, p.199- 210

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره1، فروردین-اردیبهشت 1398 ص.210-199

Some Physical and Mechanical Properties of Dargazi Pear

M. S. Razavi[1], A. Golmohammadi[2]

Received: 2016.01.02
Accepted: 2016.05.21

Introduction: Considering the importance of appearance quality and effect of some factors such as area, perimeter, diameters, uniformity and defects on fruits, in grading, acceptability and final price, lead to measurement of some physical and mechanical properties of fruits. Pear fruit, belongs to *Rosaceae* family and *Pomoideae sub-family,* is one of the most important susceptible fruits in the world. Most of the pear fruits are originated of *Pyrus Communis* species. Iran, has degree thirteen of producing pear in the world. Dargazi pears, in Iran, are planted in north of Khorasan. By knowing the properties (physical and mechanical) of pear fruit, we can control probable damages that they undertake during harvesting, handling, packing, cooling, cleaning, sorting, storage, transporting and processing. Also, this knowledge will be useful in designing of harvesting machines and postharvest technologies. Until now, there has been no research in measuring physical and mechanical properties of Dargazi pear. So, the aim of this study was investigation of some physical properties including geometrical (length, mean diameter, radius of curvature), gravitical (mass, volume, ture density, bulk density) and mechanical properties (degree of elasticity, degree of plasticity, strain energy, resilience, hysteresis and hysteresis loss) of “Dargazi” pear.

Materials and methods: Pear fruits were hand-harvested from orchard, transported to laboratory and kept at temperature of 23˚C for further measurements. To determine mechanical properties, the Universal Test Machine (model STM 5) equipped with a 50 N load-cell (model DBBP-500, BONGSHINE, precision 2 kg) was used. The tests were performed on 75 pear samples divided to five groups for applying five force-level (40, 50, 60, 70 and 80 N) in form of uniaxial loading-unloading tests under constant speed of 10 mm/min. Samples were loaded between two solid steel plates (bottom plate was fixed). Three replications were considered for each force level. For measuring physical properties: mass, volume, dimensions; balance with 0.01 g precision, submerging method and digital caliper were used. To determine radius of curvature at three regions (crown, chick, calyx), image processing using a Canon camera model Powershot G10 and ImageJ software were used. To maintain uniform picture acquisition environmental conditions, samples were put in an isolated square wooden box, equipped by the camera at the top, three fluorescent lamps around the camera, and a hatch for putting samples in the box. The camera was connected to laptop using USB port to control image capturing. Images were obtained and processed in RGB color space. Drawing a circle from at least 3 points on the boundary line of interested region (curvatures at crown, chick and calyx) was used to determine radius of the circle and consequently, the radii of curvature at interested regions.

Results and Discussion: Analysis was performed using SPSS software. Mechanical properties were analyzed in form of completely randomized design. ANOVA, Duncan test and regression were used for understanding and explaining the relation between force and mechanical parameters. The results showed with increasing loading force, the values of loading energy (strain energy capacity), unloading energy (resilience), hysteresis (absorbed energy) and hysteresis loss will be increased. Also, with increasing degree of elasticity and radius of curvature at loading region (in otherwise, concentrated stress will be reduced because of minimized loading area), hysteresis and strain energy will be reduced, respectively. Resilience and force had high linear correlation with $R^2 = 0.992$. Degree of elasticity and hysteresis can be used as indices for showing pear fruits susceptibility. Physical properties were analyzed using mean, maximum, minimum and standard deviation. The results of physical properties including mean length, mean diameter, mass, volume, true and bulk density, porosity and packaging coefficient are 84.162 mm, 73.729 mm, 188.8742 g, 185.4037 cm^3, 1.01899 g/cm^3 and 0.42759 g/cm^3, 57.92009 and 0.42088, respectively. Also, the biggest and smallest radius of curvature were obtained at chick and calyx, 77.701 and 24.633 mm, respectively. The CV value of physical properties was less than 10 percent that shows the fruits uniformity. Dargazi pear has higher mean length, porosity and bulk density but smaller mean volume, mass and true density in comparison with Asian pear. Also, Dargazi pear has higher mean volume, porosity and true density

1 and 2. Ph.D Candidate and Associated Professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili.
(*- Corresponding Author Email: shokouhiana@yahoo.com)

but smaller mean length, mass and bulk density in comparison with Santa Maria pear. The applied image processing technique to determine the radius of curvature, has no limitation in measurement ranges, it's possible to measure the biggest and smallest radii of curvature, also is nondestructive because of its non-contacting usage, so minimize possible damages.

Key Words: Loading-Unloading, Strain Energy, Hysteresis Loss, Resilience, Degree of Elasticity